

ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ (275)

УДК 656.224

**УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ПАСАЖИРСЬКОЇ ТЕХНІЧНОЇ СТАНЦІЇ ПРИ
ОБСЛУГОВУВАННІ ШВИДКІСНИХ ПОЇЗДІВ**

Кандидати техн. наук Я. В. Запара, Г. С. Бауліна,
магістранти М. І. Москаль, В. О. Зайцев, В. В. Балагур

**IMPROVEMENT OF THE WORK OF THE PASSENGER TECHNICAL STATION IN
THE SERVICE OF HIGH-SPEED TRAINS**

PhD (Tech.) V. Zapara, PhD (Tech.) H. Baulina, masters M. Moskal, V. Zaitsev, V. Balagur

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.186.2019.186121>

У роботі досліджено тривалість простою составів швидкісних поїздів на станції обігу. Встановлено, що частка простою составів у часі обігу з довжиною ділянки обігу 300–500 км складає від 50 до 70 %. Визначено черговість обробки составів, що поступають на станцію, залежно від заданого розкладу прибуття і відправлення поїздів, технології обробки составів і технічної оснащеності пасажирської технічної станції. Розроблено методики визначення штату бригад стюардів.

Ключові слова: пасажирська технічна станція, швидкісний поїзд, простій состава, метод впорядкування.

In the work investigated downtime of trains at the station. It is established that the fraction of downtime of the composition with the time of circulation with a length of 300-500 km is 50 to 70 %. To coordinate equally convenient times of arrival and departure of trains at initial and final stations, a conditional classification of high-speed passenger trains by the time of their finding on the route of departure is proposed.

The order of processing of the arriving to the station, depending on the set schedule of arrival and departure of trains, the technology of processing of the structures and the technical equipment of the passenger technical station is determined. The solution to this problem reduces the unproductive downtime of the compositions pending processing. The criterion is the minimum of the actual duration of the composition to be treated. When applying the method of ordering the processing of high-speed passenger trains at technical stations according to each of the accepted criteria (in the order of arrival, in the order of departure, in the duration of processing), the idle time can be reduced to 2 hours.

With high concentration of early arrival and evening departure of trains, the application of the method of ordering train service depending on the processing time does not lead to the desired result. In this case, it is recommended to arrange the processing of trains in the order of departure of trains, which will not reduce their total downtime at the passenger technical station, but will provide timely preparation of the trains by the time of departure. It is possible to reduce the concentration of early arrival and evening departure of trains by adjusting the timetable and selecting options for linking high-speed passenger trains to general circulation, which will reduce not only the time for processing trains, but also the total total downtime of trains.

The method of determining the staff of the flight attendants was developed, depending on the complexity of servicing the different types of cars and the distribution of the flight attendants by the composition involved in the total turnover. The criterion is a minimum of teams of stewards, provided that the time of continuous work of the team does not exceed the standard.

Keywords: *passenger technical station, high-speed train, simple staff, ordering method.*

Вступ. Для сучасної України значення транспорту дуже велике, тому що саме транспорт з'єднує різні регіони в єдину країну. Прагнення до якнайшвидшого подолання відстаней – одна з природних потреб людини. Тому і ведеться боротьба за швидкість на всіх видах транспорту.

Швидкість пересування вантажів і пасажирів – один із ключових показників стану залізниць. Однак будь-який проект будівництва високошвидкісної залізниці є досить капіталомістким заходом. Залежно від природних умов, протяжності маршруту, кількості станцій і вартості трудових ресурсів укладання 1 км такої залізниці може досягати 15 млн дол. США. Висока вартість такої колії і технологічні особливості її експлуатації вимагають поділу колії – окремо для вантажних і пасажирських поїздів, оскільки після вантажоперевезень залізнична колія швидко зношується. Незважаючи на це, більшість країн світу йде на ці витрати, прокладаючи все нові і нові високошвидкісні магістралі.

Швидкісні перевезення дозволяють підвищити комфортність поїздки і транспортну рухливість населення. Безумовно, ринок швидкісних пасажирських перевезень в Україні має хороші перспективи, але йому ще належить пройти певні етапи реформування. Багато питань у сфері залізничних швидкісних пасажироперевезень ще недостатньо вивчено.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних умовах в Україні та інших країнах світу набули розвитку практичні і теоретичні питання щодо організації перевезення пасажирів швидкісними поїздами. Так, робота [1] присвячена формуванню поїздів на високошвидкісній залізничній станції для

покращення пропускної здатності та ефективності її роботи. Проблема маршрутизації поїздів для високошвидкісної залізничної станції сформульована як багатоцільова модель змішаного цілочислового нелінійного програмування, мета якої – мінімізувати відхилення в часі відправлення поїздів і загальний час зайняття всіх маршрутів для максимально збалансованого використання ліній прибуття-відправлення.

У статті [2] запропоновано інноваційну методологію з використанням евристичного алгоритму на основі генерації стовпців, щоб одночасно враховувати потреби в обслуговуванні пасажирів і планування руху поїздів. Такий підхід має потенціал для поліпшення рівня обслуговування та потужності високошвидкісних ліній без додаткових капіталовкладень на побудову нових колій, мостів або тунелів на станційних та магістральних лініях.

У роботі [3] розглянуто особливості розвитку швидкісного руху в Україні та встановлено, що одним із напрямів забезпечення подальшого зростання кількості перевезень є збільшення швидкостей руху пасажирських поїздів. Сформовано цільову функцію експлуатації швидкісних поїздів, яка дозволяє визначити оптимальне значення середньої швидкості руху при безупинному пропусканні швидкісного поїзда з забезпеченням мінімальних витрат на перевезення.

Дослідження, проведені в роботі [4], показали, що ефективність використання швидкісних перевезень залежить від попиту на швидкісні поїзди. У статті пропонується впровадження цих перевезень на тих напрямках, де є велика транспортна рухливість населення в

поєднанні з їхньою платоспроможністю з урахуванням мінімальних експлуатаційних витрат залізниці.

Ефективність перевезення пасажирів під час свят представлена авторами в роботі [5] у вигляді моделі прогнозування нечіткого попиту на пасажирські перевезення, яка може бути застосована для прогнозування попиту на перевезення пасажирів високошвидкісними магістралями. Для залучення більшої кількості пасажиропотоку на високошвидкісних лініях у дослідженні [6] пропонується підвищувати рівень сервісного обслуговування користувачів за допомогою мультимедійних послуг.

Для забезпечення інтеграції високошвидкісних ліній із звичайною залізничною мережею є потреба в залізничних розв'язках. У роботі [7] проведено дослідження з метою розроблення сортувальної станції майбутнього, яка зможе полегшити обмін між високошвидкісною залізницею та звичайною. Розробки та можливості японських і французьких високошвидкісних магістралей проаналізовано в роботі [8].

Визначення місткостей транспортних районів міст за відправленням і прибуттям у роботі [9] запропоновано виконувати на основі даних про пасажиропотоки на швидкісному залізничному транспорті як найбільш об'єктивні і стабільні характеристик транспортного процесу.

Дослідження [10] присвячені формалізації побудови графіка обігу швидкісних поїздів з урахуванням зручного для пасажирів розкладу прибуття та відправлення на початково-кінцеві станції, ритмічної та рівномірної роботи технічних станцій. Використання сформованої моделі, як стверджують автори, дозволило вивільнити рухомий склад і зменшити потребу в колійному розвитку.

Для підвищення конкурентоспроможності швидкісних поїздів Інтерсіті+ автором у статті [11] запропоновано зниження терміну подорожі, оптимізацію

графіка руху швидкісних поїздів і величини тарифів з метою залучення до швидкісних перевезень додаткових пасажирів, розширення мережі швидкісних магістралей по всій території України, впровадження високошвидкісного руху на території України.

Проведений аналіз літературних джерел у сфері експлуатації швидкісних поїздів показав, що виконано значну кількість досліджень, але в них недостатньо розкриті питання, пов'язані з удосконаленням роботи пасажирської технічної станції при обробці швидкісних поїздів.

Визначення мети та завдань дослідження. Мета дослідження – удосконалення роботи пасажирської технічної станції на основі визначення черговості обробки составів швидкісних поїздів.

Для досягнення сформульованої мети потрібно вирішити такі завдання:

- дослідження тривалості простою составів швидкісних поїздів на станції обігу;
- визначення черговості обробки составів, що поступають на станцію, залежно від заданого розкладу прибуття і відправлення поїздів, технології обробки составів і технічної оснащеності пасажирської технічної станції;
- розроблення методики визначення штату бригад стюардів.

Основна частина досліджень. Кількість пасажирів, які скористалися швидкісними поїздами АТ «Укрзалізниця» у 2018 р. порівняно з попереднім роком зросла на 9 % і становила 5,66 млн осіб. Водночас заповнюваність поїздів склала 99–100 %. Найбільшу кількість пасажирів АТ «Укрзалізниця» перевезла в напрямку Київ-Харків – 1,68 млн. У напрямку Покровська та Запоріжжя – 1,22 млн пасажирів, а в напрямку Львова – 1,14 млн пасажирів.

За весь період курсування швидкісних поїздів Інтерсіті+ та Інтерсіті з травня 2012 р. по теперішній час перевезено понад 22,5 млн пасажирів. Такі поїзди затребувані

серед пасажирів і з кожним роком їх заповнюваність зростає.

В умовах зростання попиту на швидкісні поїзди та водночас обмеженого ресурсу пасажирського рухомого складу доцільно виконати дослідження щодо простою составів на станції обігу.

Визначено, що простій составів швидкісних поїздів на станції Київ-Пасажирський складає від 2 до 31 год, для більшості поїздів цей час перевищує 7 год (таблиця). Також встановлено, що частка простою составів у часі обігу з довжиною дільниці обігу 300–500 км складає від 50 до 70 %.

Таблиця 1

Тривалість простою составів швидкісних поїздів на станції Київ-Пасажирський

Номер поїзда	Напрямок руху швидкісного поїзда	Час простою состава на станції обігу, год
705	Київ-Пшемисль-Київ	6,1
712	Київ-Костянтинівка-Київ	7,1
715	Київ-Пшемисль-Київ	7,7
720/719	Київ-Харків-Київ	2,0
722/721	Київ-Харків-Київ	7,3
724/723	Київ-Харків-Київ	19,4
726/725	Київ-Харків-Київ	5,9
732	Київ-Запоріжжя-Київ	8,2
734	Київ-Покровськ-Київ	4,8
737/738	Київ-Запоріжжя-Київ	18,3
747/748 (через день)	Київ-Тернопіль-Київ	30,7
749	Київ-Івано-Франківськ-Київ	20,8

У цілому простій швидкісних поїздів на станціях обігу і формування складаються з часу на очікування обробки ($t_{оч.об}$), підготовку составів до рейсу ($t_{мехн}$) та очікування відправлення ($t_{оч.відн}$). Частка першого й останнього часу в загальному обігу складає для швидкісних поїздів близько 30 %. Такі прості частіше пов'язані зі зручним для пасажирів часом прибуття і відправлення поїздів. Цей час – резерв додаткового використання рухомого складу. Для узгодження однаково зручних часів прибуття і відправлення поїздів за початково-кінцевими станціями запропонована умовна класифікація швидкісних пасажирських поїздів за часом знаходження їх на шляху прямування. Якщо проаналізувати загальний час ходу (t_x) поїзда від станції відправлення до станції призначення, то можна розбити швидкісні поїзди, що обертаються на мережі, залежно

від часу знаходження на шляху прямування на дві часові зони:

- 1 зона: поїзди, у яких $t_x = 4-6$ год;
- 2 зона: поїзди, у яких $t_x = 6-9$ год.

Наведена класифікація швидкісних пасажирських поїздів є основою для вирішення завдання удосконалення роботи пасажирської технічної станції (ПТС). Завдання полягає у визначенні черговості обробки составів, що поступають на станцію, залежно від заданого розкладу прибуття і відправлення поїздів, технології обробки составів і технічної оснащеності ПТС. Вирішення цього завдання дозволяє скоротити непродуктивний простій составів в очікуванні обробки ($t_{оч.об}$). Критерієм є мінімум фактичної тривалості знаходження состава під обробкою:

$$F_i = t_{мехн} + t_{оч.об} + t_{відн} \rightarrow \min. \quad (1)$$

У свою чергу мінімально необхідний час на обробку одного состава буде складати

$$t_{\text{техн}} = \alpha \left(\frac{b_{np}}{n_{np}} + \frac{b_p}{n_p} \right) + t_{\text{ен}}, \quad (2)$$

де α – коефіцієнт суміщення внутрішнього прибирання та ремонту, визначається як відношення мінімально необхідного часу на проведення операцій до загального часу послідовного виконання операцій;

b_{np}, b_p – норма витрат часу на внутрішнє прибирання та поточний ремонт вагонів відповідно, год;

n_{np}, n_p – потреба в працівниках із внутрішнього прибирання та поточного ремонту вагонів відповідно;

$t_{\text{ен}}$ – сумарна тривалість операцій з пропускання вагонів через вагономийний комплекс і приймання складу, що є постійними операціями як за часом виконання, так і кількістю працівників, які беруть участь у їх виконанні, год.

При застосуванні методу впорядкування обробки составів швидкісних пасажирських поїздів на технічних станціях по кожному з прийнятих критеріїв (у порядку надходження, у порядку відправлення, за тривалістю обробки тощо) простій можна скоротити до 2 год. Такий результат досягається, якщо існує пара составів, що ув'язані в загальний обіг, один з яких не встигає обробитися в термін, оскільки раніше з ним виконувалися роботи в неоптимальній послідовності в пізніший час порівняно з відправленням.

Дослідження тривалості простою від кількості швидкісних поїздів, які належать до різних часових зон, показали, що:

- якщо на станції більшість поїздів, що обертаються, належать до 1-ї часової зони, то велика концентрація вранішнього прибуття і вечірнього відправлення, які призводять до неритмічності її роботи. Черговість обслуговування поїздів залежно від часу обробки не призведе до бажаного результату. У цьому випадку рекомендується впорядкування обробки составів у порядку відправлення поїздів, яке не зменшить сумарний простій їх на ПТС, але забезпечить своєчасну підготовку составів до моменту відправлення;

- якщо більшість поїздів, що обертаються на станції, належать до 2-ї часової зони, то, по-перше, можна знизити концентрацію вранішнього прибуття і вечірнього відправлення шляхом коригування розкладу, по-друге, є досить широкі можливості для вибору варіантів ув'язки составів швидкісних пасажирських поїздів у загальний обіг, що дозволить скоротити не лише $t_{\text{оч.об.}}$, але і загальний сумарний простій составів;

- якщо на станції обертаються поїзди 1-ї і 2-ї часових груп, то при застосуванні всіх перелічених підходів, окрім скорочення непродуктивних простоїв, можна скоротити кількість составів в обігу на кінцевих станціях.

Для вирішення завдання удосконалення роботи пасажирської технічної станції постає завдання визначення штату бригад стюардів, які обслуговують швидкісні поїзди. Тому запропоновано методику визначення штату бригад стюардів залежно від трудомісткості обслуговування різних типів вагонів і розподілу бригад стюардів по складах, ув'язаних в загальний обіг. Критерієм є мінімум бригад стюардів за умови, що час безперервної роботи бригади не перевищує нормативний.

$$\sum_i \sum_j B_{ij} \leq \sum_i \sum_j B_{ij}^{\text{пф}}, \quad (3)$$

$$\sum_i T_i^{\text{бр}} = \sum_i (t_{\text{прі}} + t_{\text{сді}} + \theta_i - t_i^{\text{ф}}) \leq N_{\text{норм}}^{\text{бр}}, \quad (4)$$

де $\sum_i \sum_j B_{ij}^{1e}$ – штат бригад стюардів, які обслуговують ув'язані состави;

$\sum_i \sum_j B_{ij}^{пф}$ – штат бригад стюардів які обслуговують состави до ув'язки;

i – кількість схем ув'язки поїздів составами;

j – кількість поїздів у схемі ув'язки;

$T_i^{бр}$ – сумарний час знаходження бригади стюардів у рейсі, год;

$t_{при}$ – час на приймання составів бригадою стюардів, год;

$t_{сдi}$ – час на здавання составів бригадою стюардів, год;

θ_i – час обігу состава за час обслуговування поїздів, год;

t_i^{ϕ} – простій состава на станції формування, год;

$H_{норм}^{бр}$ – нормативний час знаходження бригад стюардів у рейсі, год.

При застосуванні запропонованої методики були отримані такі результати: ув'язка восьми пар поїздів у загальний обіг трьома групами складів дає можливість зекономити чотири состави з 24, що оберталися до ув'язки.

Висновки. Досліджено час простою составів швидкісних поїздів на станції обігу, що складає від 2 до 31 год. Встановлено, що для більшості поїздів цей час перевищує 7 год. Частка простою составів за часом обігу з довжиною дільниці обігу 300-500 км складає від 70 до 50 %. Визначено черговість обробки составів поїздів по кожному з прийнятих критеріїв і встановлено, що простій можна скоротити до 2 год.

Запропоновано методику визначення штату бригад стюардів залежно від трудомісткості обслуговування різних типів вагонів і розподілу бригад стюардів по складах, ув'язаних у загальний обіг.

Список використаних джерел

1. Ziyang F., Chengxuan C., Yutong L., Yaling Z. A Multiobjective optimization for train routing at the high-speed railway station based on tabu search algorithm. *Mathematical Problems in Engineering*. 2018. Vol. 2018. 22 pages. DOI 10.1155/2018/8394397.
2. Yue Y., Wang S., Zhou L., Tong L., Saat M. Optimizing train stopping patterns and schedules for high-speed passenger rail corridors. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2016. Vol. 63, February. P. 126–146.
3. Бауліна Г. С., Левченко В. С. Формування цільової функції експлуатації швидкісних поїздів. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*. Харків: УкрДУЗТ, 2016. Вип. 164. С. 222–229.
4. Бауліна Г. С., Богомазова Г. Є., Скубяк А. В. Визначення ефективності використання швидкісних перевезень на мережі залізниць. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*. Харків: УкрДУЗТ, 2016. Вип. 165. С. 5–11.
5. Dou F., Xu J., Wang L., Jia L. A train dispatching model based on fuzzy passenger demand forecasting during holidays. *Journal of Industrial Engineering and Management*. 2013. № 6(1). P. 320–335.
6. Xu S., Zhu G., Shen C., Lei Y., Zhong Z. Analysis and Optimization of Resource Control in High-Speed Railway Wireless Networks. *Mathematical Problems in Engineering*. Hindawi Publishing Corporation. 2014. Vol. 2014. 13 p.
7. Abbott D., Varbanov-Marinov M. An event based simulation model to evaluate the design of a rail interchange yard, which provides service to high speed and conventional railways. *Simulation Modelling Practice and Theory*. 2015. Vol. 52. P. 15–39.

8. Palacin R., Raif L., Deniz Ö., Yan N. High speed rail trends, technologies and operational patterns: a comparison of established and emerging networks. *Transport Problems. International Scientific Journal*. 2014. Vol. 9. Special Edition. P. 123–129.

9. Запара В. М., Запара Я. В., Ільєнко В. В., Семенюк Є. О., Червяков В. В. Модель формування системи залізничного швидкісного руху у великих містах на основі визначення попиту на перевезення. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*. Харків: УкрДУЗТ, 2018. Вип. 178. С. 49–58.

10. Запара Я. В., Майоров І. В., Петрів О. В. Оптимізація побудови графіка обігу швидкісних пасажирських поїздів у залізничних вузлах. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*. Харків: УкрДУЗТ, 2017. Вип. 173. С. 5–12.

11. Зайцева І. Ю. Особливості створення на залізницях України мережі швидкісних залізничних магістралей. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2017. № 60. С. 86–93.

Запара Ярослав Вікторович, канд. техн. наук, доцент кафедри управління вантажною і комерційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-85.

E-mail: y.zapara@gmail.com.

Бауліна Ганна Сергіївна, канд. техн. наук, доцент кафедри управління вантажною і комерційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-85.

E-mail: baulina777@gmail.com.

Москаль Михайло Іванович, магістрант групи 208-Ім-ОПУТ Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-85. E-mail: Moskal1993@ukr.net.

Зайцев Віктор Олександрович, магістрант групи 202-Ім-ОПУТ Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057)730-10-85. E-mail: whideshadezayc@gmail.com.

Балагур Володимир Володимирович, магістрант групи 202-Ім-ОПУТ Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057)730-10-85. E-mail: balagurvladimir@icloud.com.

Zapara Yaroslav, PhD (Tech.), Associate Professor, Department of Freight and Commercial Work, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057)730-10-85. E-mail: y.zapara@gmail.com.

Baulina Hanna, PhD (Tech.), Associate Professor, Department of Freight and Commercial Work, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057)730-10-85. E-mail: baulina777@gmail.com.

Moskal Mykhailo, Master, Department of Freight and Commercial Work, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057)730-10-85. E-mail: Moskal1993@ukr.net.

Zaitsev Viktor, Master, Department of Freight and Commercial Work, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057)730-10-85. E-mail: whideshadezayc@gmail.com.

Balagur Volodymyr, Master, Department of Freight and Commercial Work, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057)730-10-85. E-mail: balagurvladimir@icloud.com.

Статтю прийнято 03.09.2019 р.